

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 80 (2022)
Heft: 2

Artikel: Ein zweites "Carrington-Ereignis" wäre fatal
Autor: Baer, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1049456>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Welche Auswirkungen hätte ein starker geomagnetischer «Sonnensturm» in der heutigen Zeit?

Ein zweites «Carrington-Ereignis» wäre fatal

In jüngster Zeit lesen und hören wir vermehrt von einer drohenden Stromknappheit und damit verbundenen Blackouts. Doch eine ganz andere Gefahr, der wir permanent ausgesetzt sind, droht uns von der Sonne. Ein heftiger magnetischer Sturm, der die Erde frontal treffen würde, hätte für unsere sensible Infrastruktur verheerende Folgen! Mehr als einmal in der jüngeren Geschichte entgingen wir einem solchen Ereignis nur knapp, wie der nachfolgende Beitrag schildert.

Beitrag: Thomas Baer

Es ist sicher nicht verkehrt, sich einmal mit der im Titel gestellten Frage zu befassen, denn derzeit beschäftigen uns geopolitische, energie-wirtschaftliche, klimarelevante und medizinische Probleme viel stärker als die möglichen Folgen eines magnetischen Sonnensturms. Doch die Gefahr, dass die Erde einst von einem solchen Ereignis heimgesucht wird, das globale Auswirkungen haben könnte, ist permanent existent und real, nur kann niemand

voraussagen, wann es passiert, in welcher Stärke und mit welchen Auswirkungen auf unsere Infrastruktur zu rechnen ist. Wir sind uns gewohnt, dass in unserem Alltag immer alles und vor allem zuverlässig funktioniert, dass das Wasser beim Aufdrehen des Wasserhahns fließt, dass der Strom aus der Steckdose kommt. Oder können Sie sich, liebe Leserin, lieber Leser vorstellen, wie es wäre, wenn ein Sonnensturm unsere ganze Stromversorgung

lahmlegen würde, und dies nicht nur während einiger Stunden, sondern während Wochen oder gar Monaten? Wie würde unsere Kommunikation noch funktionieren, wenn Satelliten und damit Funkverbindungen ausfielen, und wir von einem auf den anderen Moment unseren treuen Begleiter, das Handy, nicht mehr nutzen könnten? Wenn das Stromnetz ausfiel, brähe eine gigantische Infrastruktur zusammen, mit verheerenden Folgen auf unser aller Alltagsleben. Es ist nicht das Ziel dieses Beitrags, ein weiteres Horrorszenario heraufzubeschwören. Vielmehr geht es darum, aufzuzeigen, was ein magnetischer Sonnensturm anrichten könnte, und es ist sicher nicht falsch, sich ins Bewusstsein zu rufen, dass unsere heutigen technologischen Möglichkeiten äusserst fragil auf ein solches Ereignis reagieren würden.

WAS SIND GEOMAGNETISCHE SONNENSTÜRME?

Doch um die ganze Tragweite eines geomagnetischen Sonnensturms zu «verstehen», richten wir unseren Fokus zuerst

Abbildung 1: Ein Sonnensturm schleudert geladene Teilchen Richtung Erde. Sie lösen Polarlichter aus oder führen zu Problemen in Strom- und Funknetzen sowie dem Internet.

Quelle: NASA



auf das Ereignis selbst. Was genau passiert denn da auf der Sonne? Und wann wird es für uns auf der Erde gefährlich?

Vorweg: Magnetische Stürme hat es schon immer gegeben. Ein solches Ereignis wird durch eine heftige Sonneneruption oder koronale Massenauswürfe ausgelöst, die ihrerseits «Winde», sogenannte Schockwellenfronten aus elektrisch geladenen Teilchen, auslösen. Wenn die Erde diesen starken Sonnenwinden ausgesetzt ist, wird das Magnetfeld der Erde geschwächt und gestört. Die Schockwellenfronten des Son-

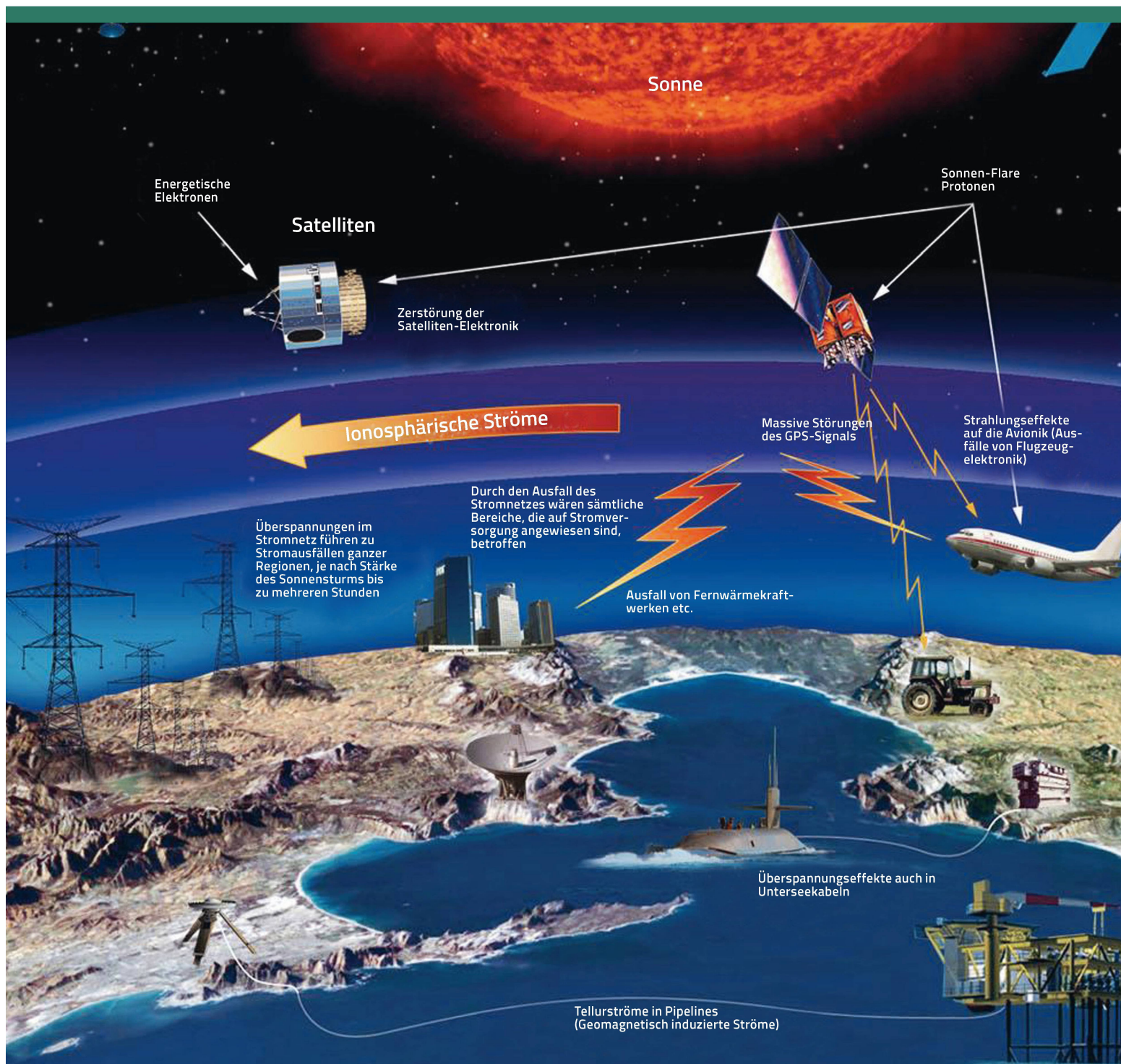
nenwinds sind meist einen guten halben bis anderthalb Tagen unterwegs, ehe sie die Erde erreichen.

Ein geomagnetischer Sturm läuft meist in drei Phasen ab. In der Anfangsphase, die nicht zwingend jedem Sturmergebnis vorausgeht, wird das Erdmagnetfeld innert einer guten halben Stunde zwischen 20 – 50 Nanotesla (nT) geschwächt. Von der eigentlichen Sturmphase sprechen wir, wenn gemäss Definition die Störung die Grenze 50 nT überschreitet. Unter «moderat» fallen Ereignisse kleiner als 100 nT,

unter «intensiv» solche zwischen 100 und 250 nT. Alles was darüber liegt, wird als «Supersturm» bezeichnet.

**DAS «CARRINGTON-EREIGNIS»
HÄTTE HEUTE VERHEERENDE
AUSWIRKUNGEN**

Es war der Sonnenforscher *Richard Christopher Carrington*, der den Zusammenhang zwischen starken Sonneneruptionen und den Auswirkungen auf die Erde erstmals erkannte. Er beobachtete zwischen dem 28. August und dem 4. Septem-



ber 1859 mehrere heftige Sonnenausbrüche. Nach heutigen Berechnungen war die Materiewolke der koronalen Massenauswürfe über 2'000 km/s schnell unterwegs und traf die Erde mit einer Verzögerung von 17½ Stunden. Die Auswirkungen waren vor allem in der Nacht auf den 2. September imposant. Der geomagnetische Sturm war so stark, dass man Polarlichter fast bis an den Äquator sehen konnte! In Nordamerika und Europa wurden durch das Ereignis in Telegrafleitungen so hohe Spannungen induziert, dass sie Funken

schlugen oder gar komplett verglühten. Papierstreifen in den Empfangsgeräten gerieten in Brand, und das noch junge weltweite Telegrafienetz war tage- und wochenlang massiv beeinträchtigt.

Die Experten sind sich weitestgehend einig: Ein Ereignis wie 1859 könnte heute Schäden in Milliardenhöhe verursachen und Stromausfälle von bis zu einem Jahr zur Folge haben! Im Unterschied zu damals gab es noch kein Internet; die Welt war längst noch nicht global vernetzt, wie sie es heute ist. Ausserdem sind wir immer noch stärker von der Stromversorgung abhängig. Jeder kann sich einmal überlegen, was alles in seiner unmittelbaren Umgebung nicht mehr funktionieren würde ohne Strom. Hochgezüchtete technische Infrastrukturen beherrschen, wie *Tom Bogdan* vom Space Weather Prediction Center in einem Beitrag von National Geographic zitiert wird, so gut wie alle Lebensbereiche. Besonders sensibel würden Systeme wie GPS und der gesamte Mobilfunkbereich reagieren. Unsere Internet-Infrastruktur ist nicht auf schwere Sonnenstürme ausgelegt. Die US-Forscherin *Sangeetha Abdu Jyothis* von der University of California gibt in einem Appell zu bedenken, dass wir aktuell ein äusserst begrenztes Verständnis

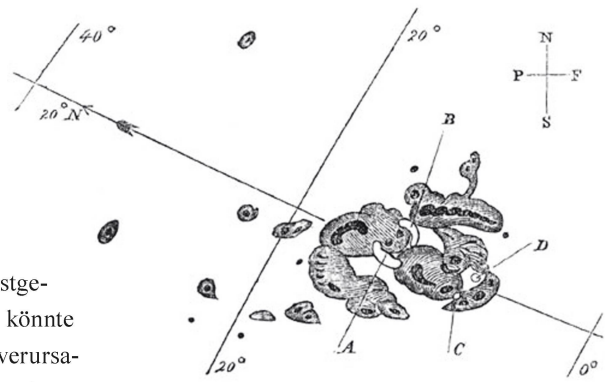


Abbildung 3: Sonnenflecken und -blitze am 1. September 1859, gezeichnet von Richard Carrington.

Quelle: Wikipedia

davon hätten, mit welchen Ausmassen an Schäden zu rechnen wäre. Ein Totalausfall des Internets für einen einzigen Tag, so berechneten Finanzfachexperten, würde sich allein in den USA auf geschätzte 7 Milliarden US-Dollar Schaden belaufen. Auch *Jyothis* ist überzeugt, dass ein Ereignis wie 1859 unsere digitale Infrastruktur wohl innert Minuten lahmlegen würde, und dies nicht bloss für wenige Tage, sondern womöglich für Wochen oder Monate. Daher ist die Forscherin überzeugt, dass es durchaus Sinn macht, sich zu überlegen, wie man dieses komplexe Netz stabiler und robuster



Abbildung 2: Technologie und Infrastruktur, die von Weltraumwetterereignissen akut betroffen sind. Ein starkes Sonnenereignis könnte ganze Kettenreaktionen auslösen, wenn wir uns nur einmal vor Augen führen, welche Bereiche von einem länger andauernden totalen Stromausfall betroffen wären.

Quelle: NASA

Sie wählen aus – wir berichten



In der Rubrik «Nachgedacht – nachgefragt» greifen wir astronomische Fragen von Leserinnen und Lesern auf. In jeder ORION-Ausgabe schlagen wir neu drei Themen vor, über die auf der ORION-Website via QR-Code (oben) abgestimmt werden kann. Die Frage mit den meisten Stimmen wird im nächsten Heft behandelt. Zur Auswahl für ORION 3/22 stehen folgende Themen:

- Inwiefern hat sich unser Wissen durch Satelliten und Raumsonden verändert?
- Wie funktioniert Fernerkundung mittels Satelliten und Raumsonden?
- Sehen die Dinge im Weltraum wirklich so aus, wie sie auf den Fotos gezeigt werden?

gegen solche Ereignisse machen könnte. Warum baut man die Infrastruktur nicht in Gebieten rund um den Äquator stärker aus, wo sie weit weniger anfällig auf Sonnenstürme wäre als die höheren geografischen Breiten. Kürzere, widerstandsfähige und damit stabilere Verbindungen könnten die Lösung sein.

GROSSES SONNENSTURM-EREIGNIS VOR FAST 2'700 JAHREN

Sonnenstürme gab es schon immer und wird es auch immer geben. Sogar im ewigen Eis konnte man solche Ereignisse anhand extrem hoher Werte der Isotope Beryllium-10 und Chlor-36 nachweisen, so geschehen für ein Ereignis um das Jahr 660 v. Chr., wie Untersuchungen des North Greenland Ice Core Project (NGRIP) an einem Eisbohrkern ergaben. Die Forscher gehen davon aus, dass bei jenem Sonnensturm eine Protonendichte von 20 Mrd./cm² auf die Erde einwirkte; zum Vergleich: Der bislang stärkste instrumental gemessene Sonnensturm im Jahr 1956 brachte es gerade mal auf einen Zehntel des damaligen Wertes.

EREIGNISSE IN JÜNGSTER VERGANGENHEIT

Wir müssen gar nicht so weit zurückschauen, um auf Auswirkungen von Sonnenstürmen zu stossen. Hier eine Auswahl einiger Ereignisse mit grösseren Folgen: 1989 war der Grossraum von Quebec von einem heftigen geomagnetischen Sturm betroffen. Er führte zum Ausfall mehrerer Transformatoren und sorgte in Montreal für einen neunstündigen Total-Blackout! Betroffen davon waren nicht nur sechs Millionen Menschen; es gab auch ein Chaos im gesamten Flugverkehr, da sämtliche Verkehrsleitsysteme ausfielen, und selbst die Fernwärmeversorgung nicht mehr funktionierte. Der Disturbance storm time Index (Dst) erreichte 589 nT.

2003 gab es zwischen Ende Oktober und Anfang November 17 grössere Sonnenflares, die sich besonders am 4. November störend auf den Funkverkehr auswirkten. Schon wenige Tage davor brach im schwedischen Malmö während einer knap-

pen Stunde das Stromnetz zusammen, und abermals war der Flugverkehr betroffen, weil die technischen Anlagen der Luftraumüberwachung für 30 Stunden ausfielen. Auch der Satellitenfunk war betroffen; Navigationssysteme funktionierten nicht mehr. Japanische Forscher schätzten die Partikelwolke etwa dreizehn Mal grösser als die Erde.

Im Juni 2011 sorgte ein Sonnensturm für einen kurzzeitigen Ausfall der US-amerikanischen Sonde Venus-Express, und ein gutes Jahr später, am 23. Juli 2012, entging die Erde einem zweiten Carrington-Ereignis nur knapp, wie Daten der STEREO-Sonden der NASA ergaben. Diese zeichnen den stärksten solaren Sturm seit 150 Jahren auf. Das jüngste Ereignis betraf Anfang diesen Jahres 40 Starlink-Satelliten. Die Schockwelle sorgte für eine lokale Aufheizung und damit zu einer Verformung der oberen Erdatmosphäre («Aufblähung»), was zu einem erhöhten Luftwiderstand führte. Besonders davon betroffen sind Satelliten in niedrigen Orbits (Low Earth Orbit, LEO), zu denen die erwähnte Serie der Starlink-Satelliten zählt.

UNS SCHÜTZT DAS ERDMAGNETFELD

Betreffend unserer Gesundheit brauchen wir uns auf der Erde keine Sorgen zu machen. Die Magnetosphäre schützt uns davor, dass tödlich wirkende Partikel die Erdbewohner erreichen. Das Erdmagnetfeld wird hauptsächlich im flüssigen äusseren Erdkern induziert. Die Form der Feldlinien erinnert an der Erdoberfläche an einen magnetischen Dipol, der von der Erdachse leicht verschoben ist (magnetischer Pol) und wandert. Der kleinere Anteil des Magnetfelds ist auf elektrische Ströme in der Iono- und Magnetosphäre zurückzuführen. Ursache sind Veränderungen in der Ionosphäre im Tages- und Jahresgang, aber auch Wirkungen des magnetisierten Plasmas des Sonnenwindes. Auf der sonnenzugewandten Seite wird das Erdmagnetfeld stark gestaucht, während es auf der Erdnachtsseite zu einem langen Schlauch verzogen wird. Magnetische Stürme führen zu Schwankungen, die sich in Form von Polarlichtern oder Funkstörungen bemerkbar machen.

AUCH DIE ISS-ASTRONAUTEN MUSSTEN SICH SCHON SCHÜTZEN

Sonnenstürme sind in der Raumfahrt nicht nur für Satelliten eine potentielle Gefahr; auch die Astronauten müssen sich vor solchen Ereignissen schützen. Dies ist insbesondere in Sachen zukünftiger bemannter Mond- und Marsmissionen ein grosses Thema, denn ein heftiger Sonnensturm könnte lebensbedrohlich sein. Auch die Crew der Internationalen Raumstation ISS musste sich schon mehrfach nach koronalen Massenauswürfen in sicherere Bereiche im Inneren der Station begeben.

Bei der Planung künftiger Missionen spielt der elfjährige Sonnenzyklus eine nicht zu unterschätzende Rolle. Es gilt: Je höher die Sonnenaktivität, desto grösser das Risiko eines starken Sonnensturms. Das nächste Maximum wird voraussichtlich im Juli 2025 erreicht. Die NASA plant mit ihrem Artemis-Programm eine erste bemannte Mondlandung im Zeitraum zwischen 2026 und 2028. <



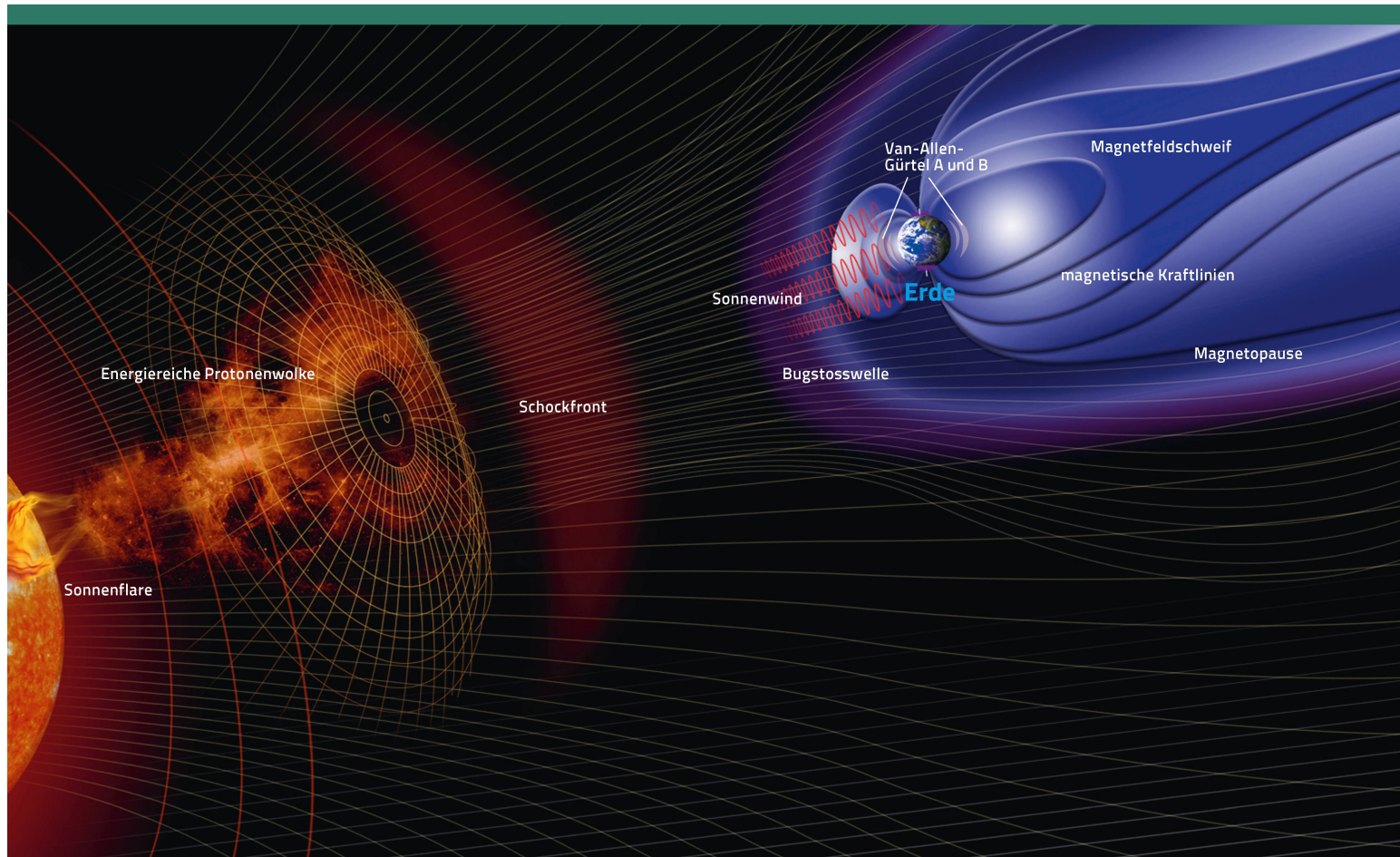


Abbildung 4: Ein heftiger Sonnensturm verformt die Magnetosphäre um unsere Erde. In den Polargegenden zeigen sich die Auswirkungen in Form von Polarlichtern. Die hohen geografischen Breiten sind Sonnenstürmen bedeutend stärker ausgesetzt als die Gebiete um den Äquator.

Quelle: NASA

Solar Orbiter passierte den sonnennächsten Punkt

So nah war die Raumsonde der Sonne noch nie: Am 26. März 2022 wagte sich Solar Orbiter auf 48 Millionen Kilometer an unseren Stern heran.

Beitrag: Dr. Birgit Krummheuer, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

Auf ihrer bereits zwei Jahre währenden Reise durchs All steuerte die ESA-Raumsonde *Solar Orbiter*, zu der auch die NASA beiträgt, den bisher besten Aussichtspunkt ihrer Flugroute an. Am Samstag, 26. März, trennte die Sonde nur etwa 48 Millionen Kilometer von der Sonne. Das ist weniger als ein Drittel des Abstandes zwischen Erde und Sonne. In den Tagen um den so genannten Perihel-Durchgang dürfte der Sonnenspäher seine bisher wertvollsten Daten aufzeichnen; die Aufnahmen der heißen Sonnenkorona werden sogar die höchst aufgelösten aller Zeiten sein. Dabei kann *Solar Orbiter* einen seiner entscheidenden Vorzüge ausspielen: den gleichzeitigen Blick in ver-

schiedene Schichten der Sonne. Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erhoffen sich dadurch etwa neue Erkenntnisse darüber, wie kleinste Strahlungsausbrüche in der Korona aus den Magnetfeldern der sichtbaren Sonnenoberfläche entstehen. Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Göttingen hat zu vier der insgesamt zehn wissenschaftlichen Instrumenten der Mission beigetragen.

STRAHLUNGS AUSBRÜCHE UND SONNENWIND

Dort konnten die Teleskope von EUI bereits in den vergangenen Monaten kleinste Strahlungsausbrüche,